

Gülle besser verstehen - Ergebnisse des Gülleforschungsprojektes 2017

Wolfgang Angeringer^{1*}, Christina Weber² und Gertrude Freudenberger²

Zusammenfassung

Flüssige Wirtschaftsdünger, also alle Formen von Gülle und Jauche, geraten heute gesellschaftlich immer mehr in Kritik. Aus landwirtschaftlicher Sicht steht die verlustarme Ausbringung, vor allem in Hinblick auf gasförmige Stickstoffverluste im Vordergrund. Die Bevölkerung nimmt diese Ausgasungen, vor allem Ammoniak und Schwefelverbindungen als Geruchsbelästigung wahr, wodurch es immer häufiger zu Auseinandersetzungen kommt. Entsprechend groß war das Interesse der Landwirte, am Gülleprojekt der LK Steiermark teilzunehmen. Die Untersuchung beinhaltete Nährstoffgehalte, Trockenmasse und pH-Wert im NIRS-Schnelltestverfahren. Ziel war es, aus der Fülle an Proben zusammen mit Hintergrundinformationen über die Güllebehandlungen und Systeme auf den Betrieben, Praxisempfehlungen abzuleiten.

Die Daten weisen große Unterschiede bei den gemessenen Parametern zwischen den Betriebstypen auf. So zeigte sich der Zusammenhang bei steigendem Wasser-Verdünnungsgrad und reduziertem Ammoniumgehalt, womit sich auch die Ammoniak-Ausgasung reduzieren lässt. Die Zunahme an Stickstoff- und Phosphorgehalt mit steigender Leistung zeigte sich ebenfalls deutlich, während Betriebe mit viel Stroheinsatz höhere Kaliumwerte aufweisen. Diverse Zusätze wie Futterkalk oder das Streuen von Kalk-Magnesium-Steinmehlen zeigen sich in deutlich erhöhten Ca und Mg Werten. Keine eindeutigen Zusammenhänge gibt es hingegen bei Zusätzen wie silikatischen Steinmehlen und Kräuterextrakten und gemessener Parameter. Unbeeindruckt von Betriebssystem zeigte sich auch der pH-Wert als ein wichtiger Einflussfaktor auf das Ammonium-Ammoniak-Verhältnis.

Schlagerwörter: Rindergülle, Wirtschaftsdüngerbehandlung, Ammoniak, Güllezusätze

Summary

Application of liquid organic fertiliser is criticised increasingly in society. The main reason for this unfortunate mood is the unpleasant odour that is likely to occur while spreading. Especially ammonia and sulfur are identified as trigger for bad smell. In an Styrian pilot project amongst farmers, agricultural advisors of the chamber for agriculture offered them the opportunity to test their slurry in a guided monitoring by using a quick and simple NIRS method. Data of 118 slurry probes show great differences in measured parameters. For example, ammonium concentration decreases together with higher water content. Farms also differ in their performance in milk and cattle production, and therefore nutrient content increases with higher feed input. No influence of additives could be found, although many farmers confirmed effects of different types of them.

Keywords: cattle slurry, treatment of organic fertiliser, ammonia, slurry supplement

Einleitung

Im ersten Halbjahr 2017 führte die steirische Grünlandberatung im Z-Lehrgang „Bodenpraktiker für das Grünland“ zusammen mit den Arbeitskreisen Milch, Mutterkuh und Rindermast einen Gülle-Monitoring Versuch durch. In diesem „Gülleprojekt“ nahmen rinderhaltende Betriebe im Zeitraum von Februar bis März selbständig Gülleproben und schickten diese an das Untersuchungslabor der Firma IPUS (Nanobag-Schnellanalyse, www.ipus.at). Die Untersuchung umfasste neben den Mineralstoffen P, K, Mg und Ca auch den Gesamt- und Ammoniumstickstoff sowie Trocken-

massegehalt und pH-Wert.

Die teilnehmenden Betriebe wurden davor von der Arbeitskreisberatung hinsichtlich Probenahme und –vorbereitung umfassend informiert. Außerdem bekamen die LandwirtInnen einen Fragebogen mit den Themen Produktions- und Entmischungssystem, Verdünnung, Zusätze und Leistung. Diese Informationen verwendeten wir für die Auswertung der Ergebnisse. Am bedeutendsten für die Praxis erwiesen sich die Parameter Ammonium-Stickstoff, Phosphor, Kalium und Kalziumgehalt zusammen mit dem Verdünnungsgrad und Trockenmasseanteil und Leistungsgruppen je nach

¹ Landwirtschaftskammer Steiermark, Bezirkskammer für Land- und Forstwirtschaft Murtal, Bio- und Pflanzenbau, Frauengasse 19, A-8750 Judenburg

² Landwirtschaftskammer Steiermark, Arbeitskreisberatung Milch, Mutterkuh und Rindermast Steiermark, Hamerlinggasse 3, 8010 Graz

* Ansprechpartner: DI Wolfgang Angeringer, wolfgang.angeringer@lk.stmk.at



Betriebstyp.

Eine wesentliche Fragestellung für die landwirtschaftlichen Betriebe sind die Möglichkeiten der Güllebehandlung um Nährstoffverluste zu minimieren. Die Ammoniakemissionen sind im Emissionshöchstmengengesetz Luft (BGBl. I Nr. 34/2003) geregelt. Die Gehalte an den wichtigen Pflanzennährstoffen Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium sind für die Düngeplanung interessant, insofern die gemessenen Werte teils große Unterschiede zu den Tabellenwerten wiedergeben. Größtes Augenmerk wird auch auf den pH-Wert gelegt, der ab 7 aufgrund des Dissoziationsgleichgewichtes die Bildung von Ammoniak (NH₃) aus dem Ammonium-Stickstoff (NH₄⁺) ermöglicht (eg. STARZ 2017).

Für rinderhaltende Landwirte ist außerdem die Frage nach der Wertigkeit von Gülle als ihr Hauptdünger entscheidend. Fragen wie „zerstört die Gülle nach einigen Jahren meine Grasnarbe, und führt zu Verunkrautung?“ oder „ist die Phosphor- und Kaliumdüngung über die Gülle ausreichend?“ werden immer häufiger gestellt. Sowohl Bio- als auch konventionelle Betriebe beschäftigen sich zunehmend mit der Düngeplanung am Grünland, um so effizient wie möglich zu arbeiten. Der größte Unterschied zwischen den Wirtschaftsdüngern besteht in der Nährstoffwirkung. Während die Hauptnährstoffe Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium in ihrer Wirkung den Mineraldüngern gleichgestellt werden (VOIGTLÄNDER & JACOB 1987), gibt es in der Wirksamkeit von Stickstoff große Unterschiede. Rindergülle hat ein ausgeglichenes Verhältnis von Ammonium- und organisch gebundenen Stickstoff, während letzterer im Mist einen höheren Anteil aufweist. Somit ist die langfristige Wirkung des Mistdüngers größer.

Häufig wird auf das hohe K- und relativ geringe P- und N-Angebot in der Rindergülle hingewiesen, als Hauptgrund für die Entstehung der unerwünschten krautreichen „Gülleflora“ (KUTSCHERA & SOBOTIK 1985). Heutzutage sieht man in der gestiegenen Nutzungshäufigkeit und der damit verbundenen Gefahr der Lückenbildung in der Grasnarbe den Hauptgrund für verunkrautete Bestände (BOHNER et al. 2011). Bei einem 3-jährigen Nutzungsintensivierungsversuch auf Goldhaferwiesen konnten nur geringe Unterschiede bei Gülle- zu Mistdüngung bei sachgerechter Ausbringung festgestellt werden. diese sind hauptsächlich auf die raschere N-Wirkung aus der Gülle zurückzuführen, wodurch das Ertragsniveau steigt (ANGERINGER et al. 2013).

Das Monitoring soll dazu dienen, Werte aus der Praxis als status quo darzustellen, und zu zeigen welche Maßnahmen von den Landwirten bereits gesetzt werden, um Nährstoffverluste aus der Gülle zu minimieren.

Material und Methoden

Die Arbeitskreisberatung Milch, Mutterkuh und Rindermast bot den Mitgliedsbetrieben die Möglichkeit einer gemeinsamen Gülleuntersuchung mittels Schnelltest (NIRS, Fa. IPUS, Rottenmann) an. Zusätzlich ist diese auch Bestandteil der Bodenpraktiker Ausbildung für Grünlandbetriebe, die 2017 wieder in der Steiermark als Zertifikatslehrgang stattfand. Bei Arbeitskreistreffen informierte die Beratung hinsichtlich der Vorgangsweise bei der Probenziehung und über die untersuchbaren Parameter (Tabelle 1). Als Probemonate legten wir Februar bis März fest, um den

Tabelle 1: Untersuchte Parameter mittels NIRS-Nanobag-Schnellanalyse (www.ipus.at)

Parameter	Abkürzung	„grüner“ Bereich (IPUS)	Einheit
pH-Wert	pH	6,1 – 7,9	[-]
Gesamtstickstoff	N _{ges}	< 3	[g/kg FM] = kg/m ³
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 2	[g/kg FM] = kg/m ³
Trockensubstanz	TS	40 - 80	[g/kg FM] = kg/m ³
Organische TS	oTS	30 - 60	[g/kg FM] = kg/m ³
Calciumoxid	CaO	0,2 - 2	[g/kg FM] = kg/m ³
Magnesiumoxid	MgO	0,1 – 0,8	[g/kg FM] = kg/m ³
Kaliumoxid	K ₂ O	1 - 5	[g/kg FM] = kg/m ³
Phosphat	P ₂ O ₅	0,1 – 2,5	[g/kg FM] = kg/m ³

verschiedenen klimatischen Bedingungen zwischen Süd- und Obersteiermark Rechnung zu tragen, da Anfang März einige Gruben noch gefroren waren.

Insgesamt konnten 118 Proben in der Auswertung berücksichtigt werden, von 98 Proben liegen außerdem Informationen zur Bewirtschaftung aus den Fragebögen auf. 96 Milchviehbetriebe (28 bio), 16 Mutterkuhbetriebe (13 bio) und 6 Rindermastbetriebe (1 bio) nahmen am Projekt teil. Die 42 Biobetriebe repräsentieren mit 36% etwa den derzeitigen Anteil an biologisch wirtschaftenden Betrieben in der Steiermark in den einzelnen Produktionszweigen. Die Betriebe sind über die gesamte Steiermark verteilt.

Zu beachten ist, dass Schnelltestverfahren auf Basis von Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) keine amtlich gültigen Ergebnisse liefern, das heißt die Parameter werden indirekt mit Hilfe von Regressionsformeln errechnet. Dadurch ergibt sich bei manchen Parametern zwangsläufig eine Unschärfe, je nach Zuverlässigkeit der Formel, wie etwa beim pH-Wert.

Die Auswertungen wurden rein deskriptiv mit Gruppenbildungen anhand vorhandener Daten zur Bewirtschaftung und Streudiagrammen durchgeführt. Die Durchführung statistischer Tests ist nicht möglich, da die Probeziehung nicht repräsentativ von den teilnehmenden Landwirten selber durchgeführt wurde. Aufgrund der vielfältigen Produktionsrichtungen und Stallsysteme ergeben sich auch große Unterschiede in den gemessenen Werten. Zur Vergleichbarkeit wurde die Betriebsergebnisse auf das Trockenmasse- Versuchsmittel von 5,8% eingestellt. Für die Berechnung des C/N-Verhältnisses wurde ein durchschnittlicher C_{org}-Gehalt von 390g/kg TM angenommen (BOHNER A., mündl. Mittlg.).

Betriebsstrukturen

Aufgrund der Vielzahl an teilnehmenden Arbeitskreisen und dem Bodenpraktiker-Lehrgang ergaben sich 6 ver-

Tabelle 2: Gruppierung nach Betriebstypen, Milchleistung in kg produzierter Milch je Kuh und Jahr, nach Angabe Betriebsführer via Fragebogen.

Betriebstyp	Merkmal	Anzahl	Bio	Low-Input (Milch)
Mutterkuh, Leistung 1	bis 6000kg	16	13	
Milch, Leistung 1	bis 6000kg	11	11	7
Milch, Leistung 2	6- 8000kg	17	11	3
Milch, Leistung 3	8- 10.000kg	34	4	0
Milch, Leistung 4	>10.000kg			0
Ochsenmast	nur Mast	3	1	
Stiermast	nur Mast	3	0	

schiedene Betriebsformen. Die Milchviehhalter wurden dabei in 4 Leistungsgruppen eingeteilt. Leistungsgruppe 1 besteht zum Großteil aus Teilnehmern des Arbeitskreises „Low-Input“, der 2016 in der Steiermark mit 19 Mitgliedern gegründet wurde. Die Zahl der Biobetriebe nimmt ab der Milch-Leistungsgruppe 2 deutlich ab, die Gruppe 4 und Stiermäster bilden rein konventionell wirtschaftende Betriebe (Tabelle 2).

Ergebnis und Diskussion

Überblick über die Daten

Auffallend große Spannen gibt es beim Gesamtstickstoff, sowie den Calcium, Kalium und Phosphor-Werten. Als konstant kann der pH-Wert gesehen werden (Tabelle 3).

Bei Standardisierung auf einen durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 5,8 % werden die Unterschiede bei den Nährstoffen noch deutlicher. Jaucheähnliche Gülle mit hohem Harnanteil erreicht dabei hohe Stickstoffgehalte, während Proben aus Behältern mit viel Oberflächenwasser von Mistlagern und befestigten Ausläufen niedrige Nährstoffgehalte aufweisen, bei Phosphor manchmal an der Nachweisgrenze (Tabelle 4).

Auffallend sind die großen Unterschiede bei Kalk (CaO), was auf den weit verbreiteten Einsatz von Futterkalk und Kalk-Steinmehl im Stall zurückzuführen ist.

Stickstoff

Der Gesamtstickstoffgehalt ist abhängig von Stallsystem, Betriebsform und Leistungsniveau. Bei den Leistungsgruppen 1 und 2, sowie Mutterkuh- und Ochsenmastbetrieben kommen aufgrund günstiger Umbaulösungen verschiedene Stallsysteme zum Einsatz. Die Milchleistungsgruppen 1 und 2 unterscheiden sich deshalb nur unwesentlich beim Stickstoffgehalt. Deutlich höhere Stickstoffwerte zeigen sich ab der Leistungsgruppe 3 und den Stiermältern, durchwegs Betriebe mit Vollspalten- Liegeboxensystem (Abbildung 1).

Betriebe mit Mist-Jauchesystem (Druckentmischung) zeigen hohe Ammoniumgehalte, während bei Auslaufsystemen und

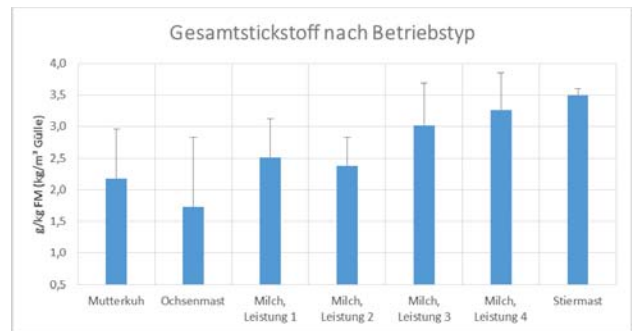


Abbildung 1: Mittelwerte und Standardabweichung von N_{ges} nach Betriebstyp

Regenwassersammlung dieser Anteil deutlich sinkt. Ein negativer Zusammenhang besteht auch zwischen Gehalt an organischer Trockensubstanz und Ammoniumanteil (Abbildung 2). Bei Leistungsgruppe 1 und Mutterkuhhalter zeigt sich die größte Streuung, abhängig vom Stallsystem. Im Durchschnitt liegt dieser bei allen Leistungsgruppen bei rund 40%. Zusätzlich ist ein Teil des leicht verfügbaren Stickstoffes bereits bei der Lagerung verloren gegangen.

Betriebe mit Mist-Jauchesystem (Druckentmischung) zeigen hohe Ammoniumgehalte, während bei Auslaufsystemen und Regenwassersammlung dieser Anteil deutlich sinkt.

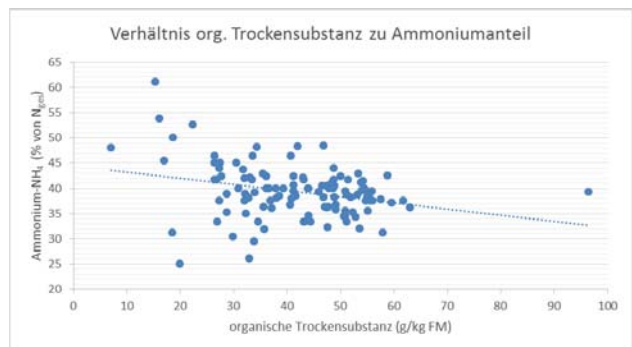


Abbildung 2: Zusammenhang Ammonium-Anteil und organische Trockensubstanz

Tabelle 3: Deskriptive Kennwerte im Gülleprojekt, sowie Vergleich mit „grünem“ Bereich Firma IPUS und Angaben aus den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006). Abweichende Werte fett.

in g/kg FM	pH	N _{ges}	NH ₄ ⁺	TS	oTS	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
Mittelwert	7,2	2,8	1,1	58	42	6,0	0,8	3,1	0,9
Maximum	7,6	5,1	2,0	128	96	21,7	14,7	6,1	1,7
Minimum	6,8	1,0	0,3	15	7	0,1	0,2	1,4	0,1
Spanne	0,8	4,1	1,7	113	89	21,6	14,5	4,7	1,6
Bereich grün (IPUS)	6,1-7,9	<3	<2	40-80	30-60	0,2-2	0,1-0,8	1-5	0,1-2,5
SGD (BMLFUW, 2006)		2-3,9		50-100				3,3-6,5	1-2

Tabelle 4: Deskriptive Kennwerte im Gülleprojekt, auf mittleren Trockenmassegehalt standardisiert (n=118). Abweichende Werte fett.

Standardisierung	pH	N _{ges}	NH ₄ ⁺	TS %	oTS	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	C/N
In g/kg FM (5,8% TS)										
Mittelwert	7,2	2,8	1,1	5,8	4,1	5,9	0,7	3,2	0,8	7
Maximum	7,6	9,5	4,6	5,8	5,7	21,8	0,9	11,1	1,5	11
Minimum	6,8	1,8	0,6	5,8	2,7	0,2	0,3	1,8	0,1	2
Spanne	0,8	7,8	4,0		3,0	21,6	0,7	9,3	1,4	9
Bereich grün (IPUS)	6,1-7,9	<3	<2	4-8	3-6	0,2-2	0,1-0,8	1-5	0,1-2,5	
SGD (BMLFUW, 2006)		2-3,9		50-100				3,3-6,5	1-2	

Phosphor

Phosphor ist nach Stickstoff der wohl wichtigste und am meisten diskutierte Nährstoff in der Grünlandwirtschaft. Viele Studien zu Phosphorbilanzen kommen zum Schluss, dass bei entsprechenden Viehbeständen die Phosphorversorgung ausgeglichen ist (eg. LINDENTHAL 2010). Bodenuntersuchungen ergeben auf einem Großteil der Dauergrünlandbetriebe in der Steiermark niedrige Gehaltsklassen, was häufig im Widerspruch zur Düngung steht. Im Gülleprojekt steigt der Phosphorgehalt mit zunehmender Leistung (Abbildung 3). Die sehr niedrigen Phosphorgehalte sind jedoch auch auf das Stallsystem zurückzuführen. Bei Gülle (Jauche)-Mistsystemen bleibt das Phosphat als schwer löslicher Stoff in der festen Phase. Dies ist bei der Ausbringung und Düngelplanung zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen kann festgehalten werden, dass die Phosphorgehalte beim Güllemonitoring unter den Werten von Wirtschaftsdüngertabellen liegen, mit P_2O_5 -Konzentrationen um 2 kg/m^3 (bei 11 % TM; im Versuch Mittel $1,4 \text{ kg/m}^3$; DLG, 2005).

Ausgebrachte Mengen – Düngelplanung

Stellt man die durchschnittlichen Werte je Leistungsgruppe mit praxisüblichen Ausbringungsmengen dar, werden Über- und Unterschreitungen der empfohlenen Mengen je Nährstoff rasch sichtbar (Tabelle 5). Ein Hochleistungsbetrieb (Gruppe 3 und 4) überschreitet bei einer ausgebrachten Menge von 20 bis 30 m^3 rasch die empfohlene Stickstoff-Düngemenge. Große Unterschiede ergeben sich auch bei den restlichen Nährstoffen. Deutlich werden potentielle Mängel bei Phosphor, bei 4 Nutzungen beträgt der Entzug 90 kg/ha/J (SGD 7.A.).

Güllezusätze

27 Betriebe haben angegeben, Güllezusätze zu verwenden.

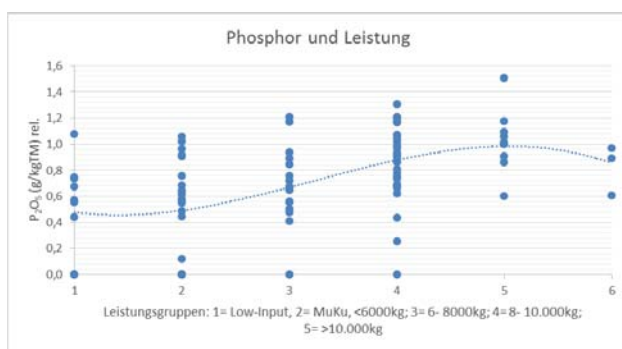


Abbildung 3: Phosphorgehalte (rel. auf 5,8% TM) in Abhängigkeit von der Leistungsgruppe

Tabelle 5: Nährstoffsumme in Abhängigkeit von ausgebrachter Menge und Leistungsgruppe

Ausgebrachte Mengen in kg/ha	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3			Gruppe 4		
	10 m ³	20 m ³	30 m ³	10 m ³	20 m ³	30 m ³	10 m ³	20 m ³	30 m ³	10 m ³	20 m ³	30 m ³
N _{ges}	20	40	60	24	48	72	30	60	90	33	66	99
P ₂ O ₅	7	14	21	7	14	21	10	20	30	11	22	33
K ₂ O	29	58	87	29	58	87	32	64	96	30	60	90
CaO	56	112	168	44	88	132	63	126	189	86	172	258
MgO	5	10	15	6	12	18	8	16	24	8	16	24

Leistungsgruppen: 1= MuKu, Low-Input Milch, 2= 6000-8000kg, 3=8000-10.000kg, Stiermast, 4= >10.000kg

Davon entfiel der Großteil auf anorganische Zusätze (Steinmehle, Stall- und Tieranwendung) sowie organische Zusätze (Güllemax, etc.). 3 Betriebe setzten effektive Mikroorganismen ein, und 5 verwendeten sonstige Hilfsmittel wie informiertes Steinmehl. Nicht abgefragt wurde der Einsatz von kohlenurem Kalk und Futterkalk, diese werden aber verbreitet eingesetzt, wie aus den Tabellenwerten (Tabellen 3 und 4) zu entnehmen ist. Mit dieser geringen Anzahl an Daten sowie der Vielseitigkeit an Zusätzen sind seriöse Aussagen über ihre Wirkung aus dem Monitoring nicht möglich. Es wurden keine Zusammenhänge bei pH-Wert, Ammonium- und Gesamtstickstoff und Zusätzen festgestellt. Der positive Zusammenhang zwischen steigendem Ammonium-Anteil bei höherem pH-Wert lässt sich jedoch beobachten (Abbildung 4). Ansätze wie Verdünnung mit Regenwasser und verschiedenste physiologisch sauer wirkende Güllezusätze werden daher intensiv diskutiert (STARZ 2017).

Schlussfolgerung

Die Vielzahl an freiwillig teilnehmenden Betrieben am Gülleprojekt zeigt die Aktualität und Brisanz des Themas Gülle in der Praxis. Die Landwirte haben ein großes Interesse daran, ihre Gülle als wichtigsten Wirtschaftsdünger so zu behandeln, dass die Nährstoffverluste so gering wie möglich sind, und damit gleichzeitig die Geruchsbelastung zu minimieren. Aufgrund der vielfältigen Produktionsrichtungen und Stallsysteme ergeben sich auch große Unterschiede in den gemessenen Werten. Die Wirtschaftsdüngeruntersuchung ist daher ein wichtiges Instrument, um die Düngelplanung am Betrieb zu optimieren. Aussagen zur Wirkung von Güllezusätzen können derzeit noch nicht getroffen werden. Aufgrund der vorliegenden Daten plant die steirische Grünlandberatung, einzelne Betriebe mit abweichenden Werten in einem Folgeprojekt erneut zu beproben, und die Maßnahmen in der Praxis näher zu beleuchten.

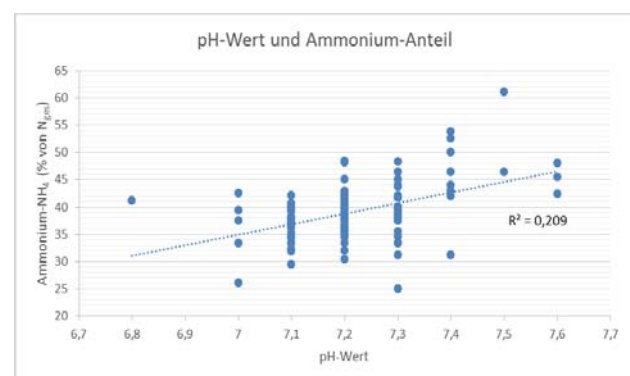


Abbildung 4: Zusammenhang pH-Wert und Ammoniumgehalt

Literatur

- Angeringer, W., Starz, W., Pfister, R., Rohrer, H. & G. Karrer (2013): Wirkung verschiedener Nutzungsintensitäten auf montane Goldhaferwiesen im Biolandbau. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.) (2013): Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013: 172-175.
- Bohner, A., Angeringer, W. & M. Sobotik (2011): Ist die Gülleflora heute noch ein Problem? In: Elsässer, M., Diepolder, M., Huguenin-Elie, O., Pötsch, E., Nußbaum, H. & J. Messner: Gülle 11: Gülle und Gärrestdüngung auf Grünland. Tagungsband S. 218-221.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT, BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6.A.), Wien 79pp.
- DLG (2005): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- Kutschera, L. & M. Sobotik (1985): Gülleflora – Unterschiede durch Klima und Boden. Nutzenanwendung der Pflanzensoziologie in der Praxis. Bericht über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", BAL Gumpenstein, S. 79-119.
- Lindenthal, T. (2010): Phosphorversorgung im Bio-Grünland unter Berücksichtigung von Standorten mit höheren pH-Werten. Vortrag im Rahmen der Fachtagung Phosphorbilanz im Biogrünland, 25.02.2010, Heffterhof, Slzbg.
- Starz, W. (2017): Gülle als wertvoller Wirtschaftsdünger im Bio-Grünland. ÖAG-Info 1/2017. Öst. Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irnding, 12 S.
- Voigtländer, G. & H. Jacob (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer Stuttgart 480pp.